解説

Review

新しい金型つくりと金型材料の動向 - 金型製造工期短縮を中心に -

並木邦夫*

Trend of New Die and Mold Production Technology and Tool Steels - For Shorter Delivery Times -

Kunio Namiki

Synopsis

Die and mold industries make up the base of Japanese key industries such as automobile and electric appliance. In the turbulent era when price slashing, globalization, and information revolution are progressing at increasingly faster rates, "production cost cutting" and "shorter delivery times" are top priority.

To reduce the delivery times in die and mold production process, three points are to be considered: shortening design hours, simplifying process and shortening each process times. Referring to the trend of up-date die making technologies, new tool steels are introduced. Pre-hardened steels, free machining steels and easy to repair weld steels are contributing to the process time saving.

Technical software on application technology also works for shorter delivery times. Software covering from die material selection to process simulation will be widely and practically used in the future.

New tool steels and application technologies for precise die and molds are also mentioned in this article.

1 . はじめに

金型は自動車や情報および家電産業の基盤を支える重要な要素である。金型そのものは一般消費者の目に触れることはないものの、消費者向け製品の製造にはなくてはならない縁の下力持ちと言っても良い。高度成長期には、消費者向け製品の増加に対応すべく金型も高性能、高寿命を追求していれば良かった。これに対し、価格破壊、グローバル化、情報の高速化など大きな変革期である現在、金型においても「原価低減」と「工期（リードタイム）短縮」が最大のニーズとなっている。本稿ではここに焦点を当てるとともに、もう一つのニーズである「金型の精密化」にも言及し金型材および利用技術の動向を総括したい。

2 . 金型業界をとりまく環境

2.1 環境の変化

自動車産業では単に高性能、高出力の自動車を提供するのみでなく、環境対応、軽量化、安全対策など多岐の課題への対応に迫られている。また、国際競争の中での生き残りをかけ、大きな変革期を迎えている。いっぽう、通貨危機で大幅に落ち込んだ東南アジアでは徐々に回復基調にあり、高いポテンシャルを有する地域として今後とも期待が大である。ただし、海外生産の増加に伴い、国内自動車関連産業の仕事量は減少し同業他社との競争が激化といった厳しい環境も産み出してしている。

また、自動車産業では現地生産のみならず、新車の現地同時立ち上げといったグローバル化が加速化したり、パーソナルコンピュータを初めとした情報機器産業では製品ライフサイクルの短縮化といった時間軸の大きな変化も最近の特徴である。

2.2 金型生産の動向

金型生産金額の動向を Fig.1 に示す¹⁾。これは機械統計

Fig. 1. Trend of domestic die production value.

を元に整理したものであり、1980年以降の全体の動きを知ることができる。生産金額合計はバブル経済期には2兆円に届く勢いであった。バブル崩壊後急激に低下し、その後緩やかに回復してきたものの、まだまだ低迷が続く、不況から抜け出せないでいるのが実情である。金型材すなわち工具鋼は自動車産業への依存度が極めて大きく、主にプレス型、ダイカスト型やプラスチック型などの各種金型や切削工具に用いられている。プラスチック金型は素材使用量では冷間、熱間金型用鋼に及ばないものの鏡面加工やシボ加工など意匠面の加工が複雑であり金型費としては最大を示している。また軽量化の動きに支えられて比較的堅調である。さらにプレス型、ダイカスト型の順となっている。

3. 金型づくりの変遷、金型材へのニーズ

3.1 ニーズの変化

金型材に対するニーズは品質、価格、納期が3本柱である。ただし、前述した経済環境の変化、各種製品のライフサイクルおよびその生産量によって時代とともに変化している。高度成長期で生産ロットが大きく、また製品のライフサイクルが長い時代においては、金型材に対する最大のニーズは高性能と高寿命であった。これに対し、自動車を始めとして生産ロットが減少するにつれ、必ずしも長寿命である必要はなくなっている。いっぽうニーズの高度化により、品質面では高寿命よりも高精度化、高品位が要求されるようになった。たとえば、寸法精度、表面性状、粗さ等をより高めた精密金型などである。単なる寿命延長ではなく、生産計画の面からも寿命ばらつきの軽減がより重要となっている。

また、金型費においては材料費は約10～15%程度であり、加工費によりほとんどが占められている。したがって型材費の低減のみならず加工費を削減したり、金型の高機能化によりトータルコストダウンを図ることが重要であり、部

品点数の削減、生産工程数の削減および生産サイクルタイムの向上などによる手法が提案されている^{2)～4)}。

3.2 金型工期短縮の背景

コストダウンとあいまって最近の最大のニーズは金型工期短縮（リードタイム短縮）である。近年、自動車業界を始めとして開発期間の大幅な短縮が図られている。これは「製品の設計・生産プロセスのオープンな統合化環境のもとで、各プロセスの同時並行協調作業によりリードタイム短縮をめざすシステム手法」⁵⁾と定義されるコンカレントエンジニアリングの定着によるものである。また新車種の世界同時立上げなど、技術移転のための時間が十分とれなくなっていること、さらに、家電機器、OA機器、パソコン、携帯電話など新製品のライフサイクルも短縮していることなどから、製品化期間の大幅短縮が必要となり、金型製作のリードタイム短縮が強く要求されるようになった。

3.3 金型工期短縮の方法

一般的に金型は製品設計・工程設計・型構造設計・型製作の工程で製造されるが、ここで工期短縮を実現するための方法としては下記の3点が挙げられる。

型設計時間の短縮 金型製作工程の削減 加工時間の短縮

まず型設計時間の短縮に当たっては前述したコンカレントエンジニアリングが大きく寄与している。型設計時に修正が生じた場合、型構造設計段階での変更では遅くコストも大となる。したがって製品設計段階で金型検討を同時並行で進めて、この検討段階ですでにできるだけ変更を加えていくことが必要となる。その手段として3次元ソリッドCADを利用したり⁶⁾、ラピッドプロトタイプングの活用⁷⁾などにより初期段階での検討を繰り返すことが可能となっている。

加工工程の削減あるいは工程省略としては、プリハードン鋼の適用、すなわち熱処理省略が最も一般的な例である。また、従来、黒皮材を納入していたものを、流通にて6面加工して納入するのは当然のこととなり、さらに孔加工や粗加工まで施して最終金型メーカーやユーザーに納入する形態も増加しており、これも一つの工程省略といつて良い。

加工時間の短縮に当たっては主に切削加工時間の短縮が挙げられ、被削性改善鋼の適用、高速切削の適用⁸⁾や切削工具の改善⁹⁾などにより達成されている。特に切削加工機械の高剛性化、高速切削対応、工具材質改善と表面処理の適用による切削工具の進歩、さらにはドライ切削¹⁰⁾、

ミスト冷却¹¹⁾など切削剤の発展には目覚ましいものがある。

4．最近の金型材の動向

以上のような環境変化や金型へのニーズに対応し、素材メーカーとして「高性能鋼の追求」と「使い易い材料」の提供を心がけてきた。最近では、被削性、溶接性に優れた材料や熱処理省略が可能な新材料を開発し「使い易い材料」として評価を得ている。また金型の加工および実際の利用に当たってのノウハウを「利用技術」として提供してきた。ここでは、特にリードタイム短縮と精密化のための金型材料とその利用技術について最近の動向を紹介する。

4.1 金型製作工程の削減：プリハードン鋼の拡大

金型材からの金型製作工程の圧縮としては、まず熱処理工程省略すなわちプリハードン鋼の適用が挙げられる。硬さ 40HRC 程度までは既に多岐のプリハードン鋼が用いられており冷間、熱間、プラスチック型用鋼で既に定着している。これらのプリハードン鋼の例を Table 1 に示す。

最近、特徴ある鋼種として 50HRC タイプのプリハードン冷間工具鋼 CX1 が開発された¹²⁾。

近年の加工機械および工具の進歩により 50HRC 以上の焼入れ工具鋼においても、加工そのものは可能となっている^{13), 14)}。これは切り込みを浅くし、工具回転数が 30,000 ~ 50,000rpm の領域で高速送りを行う、いわゆる高速ミリング加工により実現したもので、表面粗さも良好なことから研磨省略も可能となっている。しかしながら、高剛性の加工機械が必要なことや工具費が高むことから量産レベルの技術としては定着していない。

そこで、加工機械、切削工具の進歩を背景として、まず量産レベルの加工を実現するために 50HRC を狙って開発したものである。CX1 は高温焼もどしで 50HRC を得るための組成を狙い、ミクロ組織の微細化と快削元素添加によ

り被削性を付与している。現在、厚さ 110mm までの平角素材の中心まで 50HRC を維持する型材が提供されており、実用化が始まった段階である。フライス加工、エンドミル加工などでは従来の 40HRC のプリハードン鋼 GO40F とほぼ同等の被削性を有しており、条件によっては SKS 系 GOA と同等の被削性を有している。Fig.2 にエンドミル加工の例を示す。いっぽう、穴あけ加工やタップ加工では硬さの

Fig. 2. Relation between cut length and maximum wear in endmilling for CX1. Cutting conditions: Cutter; 32 dia., Single tooth, Chip; UTi20T, Number of tooth; One, Feed rate; 0.15 mm/tooth, Cutting rate; 100 mm/min.

影響が顕著に現れるため、難削となることは否めない。AINとTiNの複合表面処理を施した粉末ハイスや超硬工具を用い、さらに加工条件の最適化により量産を可能としている。

冷間金型の場合、熱処理時の歪みが発生するため、この修正処理や研磨加工に時間を要する。特に薄く面積の大きい金型では最終研磨工程に多大な工数がかかり、金型製作時間を増大させる要因となっていた。CX1 は単に熱処理を省略できるばかりでなく、熱処理変寸や歪みなし、といった品質面での効果も極めて大きい。

Table 1. Daido's pre-hardened tool steels.

Class	Grade	Hardness (HRC)	Applications
Cold work dies	GO40F	36-40	Press dies:small and medium lot
Hot work dies	DH2F	37-41	Hot press, Die cast,Plastic mold
	PXZ	(27-34HS)	General use
	PDS3	26-30	General use
	PX5	30-33	General use
Plastic mold	NAK55	37-43	Precision mold
	NAK80	37-43	(Mirror polishing use)
	G-STAR	33-37	Corrosion resistant use
	E-STAR	30-35	Corrosion resistant use

従来のプリハードン鋼は硬さ 40HRC であり、冷間工具鋼の熱処理では 60HRC 前後で用いるため、DCX はちょうどこの中間の鋼種である。それぞれの領域からの展開が可能であり、通常の抜き型、曲げ型のほか、ゴム型、パッキングプレートなどの金型部品のほか、多岐への展開が期待される。さらに、こうした高硬度材の使用方法に慣れてくれば、60HRC までの高硬度材の量産ベースでの適用も開始されるものと予想される。

なお、アルミダイカストの熱間金型においてもプリハードン化が検討されており、従来材に比べて 40% の製作期間短縮の例も報告されている¹⁵⁾。

4.2 加工工数削減への対応：高被削性鋼および高溶接性鋼

加工工数の削減に当たっては被削性改善鋼が適用される。被削性改善材を同一条件で切削加工すれば工具摩耗量が減少して工具費の削減に寄与する。いっぽう、一定時間で一定摩耗量となるには加工速度を上げられるため加工能率の向上に寄与できる。各鋼種群によって種々の開発がなされているので鋼種群毎に紹介する。

4.2.1 冷間型用鋼

高温焼もどしでも 62HRC 以上の硬さが得られる 8Cr-2Mo 系、高硬度韧性冷間ダイス鋼 DC53 が冷間金型として定着してきたが^{16), 17)} この要因として硬度と靱性のバランスの良いこと、高被削性あげられる。これは、1 次炭化物が少なく微細であること、および焼まし硬さが低いことによる。その結果、従来のダイス鋼 SKD11 に比べて被削性は 20% 程度向上している。

さらに最近では、生産ロットが減少したため、性能よりも被削性をより重視した材料が要望されるようになり、種々の鋼種が開発されている。SKD11 とほぼ同等の主成分に快削元素 S を添加したもの、C, Cr 等の成分制御により 1 次炭化物形成を押さえて快削元素を添加したものなどである^{18), 19)}。

DCX もその一つであり、SKD11、DC53 と比較したエンドミル被削性の例を Fig.3 に示す。SKD11 に対して DC53 は約 25% の向上が認められているが、DCX はこれよりさらに向上が図られておりミクロ組織の微細化、特に 1 次炭化物の減少と快削元素の効果による。なお DCX の硬さは低温焼もどしでは 60HRC 以上、高温焼もどしでは 59HRC である。高温焼もどしの硬さは DC53 に及ばず、厚板やステンレスの成形などには限界がある。こうした高負荷用金型には DC53 を適用するなど、用途による使い分けが必要

である。

Fig. 3. Comparison of machinability of cold work die steels. Endmilling conditions: Cutter; 32 dia., Single tooth, Chip; UTi20T, Feed rate; 0.15 mm/tooth, Cutting rate; 35.8 mm/min, Depth of cut; 4 mm x 1 mm, Cutting fluid; None.

4.2.2 熱間型用鋼

熱間型用鋼はダイカストであれ熱間プレス型であれ、被加工材と接触する金型表面には昇温、冷却の繰り返しによりヒートチェックが発生し、これが寿命要因となることが多い。ヒートチェックを抑え寿命の安定化をまず第一に狙うため、被削性改善へのニーズは冷間型用鋼ほど大きくはない。むしろ被削性劣化をある程度容認しても高寿命を狙う傾向にあった。しかしながら、リードタイム短縮のニーズのため切削条件の最適化を行ったり²⁰⁾ 耐ヒートチェック性等の特性を維持して被削性の改善を狙う傾向に変化しつつある。

また熱処理時の歪み修正および研磨加工工数の時間短縮も重要である。熱間金型の場合、大型の金型が多いため焼入れ時に冷却速度が小さくなり高温での炭化物析出領域に懸かったり、低温でのベイナイト変態域に懸かった場合、焼もどし後の靱性が大幅に低下する。このため、できるだけ焼入れ冷却速度を高める傾向にあるが、反面、歪みも大となり仕上げ加工工数が大となる問題があった。これを解決するため、焼入れ冷却速度を確保してしかも歪みをできるだけ小さく抑える熱処理方法が開発されている²¹⁾。仕上げ工数の 40% 圧縮が期待されており、これも工期短縮の一つの手法である。

4.2.3 プラスチック型用鋼

プラスチック金型には SC 系、SCM 系、析出硬化系、焼入れ焼もどし系など多岐の金型用鋼が用いられているが、それぞれ被削性を念頭に置いた鋼種が開発が図られている。Fig.4 にこの例を示す。

PX 鋼は被削性と溶接補修性を改善した鋼種であり、使

Fig. 4. Relation between hardness and endmilling machinability for plastic mold steels (Machinability of NAK55 as 100).

い易い材料の代表である PXZ²²⁾ は炭素鋼系の改善材であり、被削性改善のため組織をフェライト + ペイナイト混合組織とし、さらに快削元素 S を適量添加したものである。30HRC の硬さであるが、中および大型用型材として自動車バンパー、コンソールボックスおよび家電製品などに用いられている。現在では、炭素鋼に替わって定着した感があるが、さらに切削能率の向上を狙って主成分や快削元素の最適化がなされている。PX5²³⁾ は 30 ~ 33HRC の硬さを有する自動車および家電製品金型用汎用鋼であり従来の SCM 系鋼あるいは AISI、P20 に比べて格段に優れた被削性を有している。

また NAK55 は 40HRC ながら 30HRC の PX5 以上の被削性を有している。プラスチック金型用鋼のグローバルスタンダード鋼とも言える鋼種であり、国内外での評価が最も高い金型材料である。

これらの材料は被削性が優れるとともに、溶接補修性が優れているのも特徴である。すなわち、金型製造に当たって不可避免的に生ずる設計変更や加工ミスに対して溶接補修を行う場合、割れが発生せず、また溶接部と母材との硬さの差が小さいとの特徴がある。

4.3 金型設計時間の短縮

本項については金型材として素材そのものでは直接寄与できることは少ない。ただし、金型設計ソフトが開発されている中で、これらへ物理的性質、機械的性質といった材料データを整備し、迅速に供給することが必要であろう。鋼種が限定されている場合には過去の知見や経験で間に合う世界が多いが、新規に金型を設計する場合には、金型材選定ソフトを金型設計ソフトに組み入れれば、材料の特性データを上手に取り込めるような仕組みが必要と考えられる。これについては技術ソフトの項で詳述する。

4.4 金型の精密化への対応

これまで金型工期短縮への金型材の対応を見てきたが、OA 機器、情報機器部品等の精密部品が、多く、精密型が要求される冷間、プラスチック金型に焦点をあて、これらへの金型材の対応も考えてみたい。

4.4.1 冷間型用鋼

冷間型では半導体産業、特にリードフレームなどの順送型ではミクロン単位の微細な経年変化が問題となっている。特に冷間ダイス鋼が高温焼もどしされる場合には鋼種によらず経年変化が問題となる。これは、僅かに残存する残留オーステナイトが不安定であることと、マルテンサイトの収縮により長期間使用中に数 ~ 数十ミクロンの変化が生ずるものである。

これに対しては正規焼もどしの後、400℃ 前後の安定化処理を実施することで、ほぼ解決されている。DC53 における経年変化例と安定化処理の効果を Fig.5 に示す。ただ

Fig. 5. Dimensional change of DC53 with time and the effect of stabilization treatment.

し、経年変化だけでなく、金型に要求される本来の特性を考慮して熱処理条件を決定する必要がある。その例を Table 2 に示す。ここからわかるように、硬さ、靱性といった機械的性質の他に、熱処理変寸、経年変化などの寸法変化特性、さらには放電加工などの金型加工方法も考慮してこれに応えるための熱処理条件を選定する必要がある。材料のみならず、こうした細かな熱処理技術との組み合わせにより始めて可能となるものである。前述した高硬度プリハードン鋼はこうした煩わしさからは回避できるものであるが、切削加工の限界もあり 60HRC を超えるような高硬度鋼については熱処理の高度化が必要であろう。

4.4.2 プラスチック型用鋼

プラスチック金型材の一部は元来、鏡面度が要求される精密型であるが、近年の OA 機器や情報、電子機器部品の

Table 2. Effect of heat treating conditions on the characteristics of DC53.

Heat Treatment			Characteristics			
Hardening ()	Tempering ()	Hardness (HRC)	Toughness	Seclur change	Dimentional change	Distortion in W-EDM
1030	180 ~ 200	61			Small	
1030	520 ~ 520 520 ~ 520	62 ~ 63			Large	
1030	540 400	60 ~ 62			Large	
1030	540 540 400	60 ~ 62			Large	
1030	-196 530 -196 530 -196 530 300	60 ~ 62			Large	

超精密化への対応として超精密金型とも言えるものが要求されるようになっていいる。対象となる製品群は光ディスク、光学部品、IC モールド、小型コネクタ、ノート型パソコン、モバイル端末部品などである。これらの金型に要求される精度は製品によって規定される。例えば光ディスク用金型の場合では、 $\pm 1 \mu\text{m}$ の加工精度、 $R_{\text{max}} 0.01\text{mm}$ 、平面度 $0.1 \mu\text{m}$ といった超越鏡面仕上げ精度が要求される²⁴⁾。

こうした金型の超精密化に対応するためには鏡面性、寸法精度、およびシボ加工や放電加工時の表面精度を向上させることが必要である。またこれらを実現するには清浄度が良く、ミクロ組織が微細、均一で偏析のない素材とすることが必須である。すなわち、鏡面仕上げ加工での微細介在物の脱落（ピンホール）や鏡面の微細な起伏（うねり）等を抑えることが眼目である。

鏡面性に優れる材料として、従来より ESR や VAR などの再溶解を施した精密プラスチック金型用鋼 NAK50、80、高硬度ステンレス型用鋼 S-STAR などが広く用いられてきた。さらに鏡面性向上を狙って、S-STAR と同等の組成であるが、再溶解の繰り返しにより超清浄化を図り、さらに高温均質化処理の適用などにより組織の均質化と鏡面度向上を達成したのが D-STAR である。S-STAR は鏡面度は #14,000 ($1 \mu\text{m}$) 程度まで対応でき情報機器および医療機器部品用金型に用いられている。いっぽう D-STAR は鏡面度 #15,000 ($1 \mu\text{m}$) を達成し、CD、LD、DVD 用の金型のほか光学レンズ用に適用される²⁵⁾。

IC モールドの場合、封止樹脂材にはガラス繊維、炭素繊維、無機充填材補強材が添加されているため、耐磨耗性も合わせ持つことが要求される。DEX-PI は SUS440C 系の

粉末材料であり、こうした用途に適している。63HRC 以上の硬さが得られ、鏡面度も #13,000 程度に対応できるとともに、優れた耐食性を有している。

いっぽう、超精密金型においては、その製品寸法精度に金型の冷却条件が微妙に影響を与えるため、母型の冷却能も重要である。一般的には母型には SC 系材料が用いられてきたが、水冷孔での発錆が顕著となり精密な冷却制御は不可能であった。これに対して開発されたのが G-STAR である²⁶⁾。これは 16Cr 系のマルテンサイト系快削ステンレス鋼であり、35HRC のプリハードン状態で供給される。母型としての他、汎用の耐食プラスチック型としても適用されており、今後の拡大が期待される。

さらに金型表面のシボ加工や放電加工時の表面精度向上への対応も重要である。これには、金型材のミクロ偏析軽減や微小介在物の低減が必要である²⁷⁾。近年、放電加工でも新しい技術が開発されている。粉末添加加工液による放電加工もその一つである^{28) ~ 30)}。これによれば、高速加工でしかも表面精度が向上するため、鏡面研磨を簡素化したり省略しようとの動きが顕著となっている。これに対しては、S 等の介在物形成元素を削減した 30 ~ 33HRC 級の PX7 などが開発されており、今後の適用が期待される。

5. 技術ソフト、利用技術の進歩

5.1 技術シミュレーション

近年、技術シミュレーションの発展には目覚ましいものがある。これは現象の解析技術、モデル化およびその計算技術の進歩によるところが大きい。金型の場合にも、あらかじめ現象を予測することにより広範な意味で金型製造

の工期短縮に寄与していると言える。

例えば、焼入れ時の冷却温度シミュレーション³¹⁾、応力、歪み解析^{32), 33)}などである。こうしたシミュレーションは金型製造時のものであるが、さらに使用時のシミュレーションとして熱間金型の軟化挙動や破壊挙動の解析³⁴⁾、鍛造時の応力解析^{35) ~ 39)}、金型の寿命予測^{40) ~ 42)}にまで拡大されてきた。

金型の熱処理はまだまだ経験に頼ることが大であるが、今後、熱処理も無人化、機械化される傾向にあり、こうしたシミュレーションはより活用される傾向にある。前述したように韌性を維持し、歪みも抑えた熱処理法に AHIT 法があるが²¹⁾、この熱処理温度カーブは冷却温度シミュレーション技術を活用して推定することが可能となっている。

5.2 材料選択およびトラブルシューティング

プラスチック金型技術ソフトとして、実用化されたものにプラエースがある⁴³⁾。これは、「材料選定」、「エンドミル切削条件」、「トラブルシューティング」および「技術マニュアル」の4部から構成され CD-ROM で供給される。「材料選定」では金型部位、形状、製品、樹脂、成形個数などを画面上にインプットすると最適な金型材が選択される。またトラブルシューティングでは鏡面加工、シボ加工、溶接補修および金型損傷の4項目について直面している問題を設問に沿って入力すると、可能性の大きい原因とそれに対する対策が表示されるものである。金型製造に当たっては、設計変更あるいは何らかの加工ミスは不可避である。また使用中に計画外の早期損傷に遭遇する場合も多々ある。こうした際に一刻も早く原因を究明し、適正な対応を立案するのも広義な意味での工期短縮と考えられる。プラエースは自動車や家電機器の海外生産が定着し、補修型のみならず現地での生産が始まりつつある東南アジア、中国で活用されている。

その他、切削工具選定のソフトとして SSEM⁴⁴⁾などが紹介されている。これは材質、加工方法を選定するとこれに合った工具と切削条件が呈示され、さらには工具寿命も目安として表示されるものである。

6. 今後の課題

ここまで、最近のニーズである金型工期短縮および高精度化に焦点を当て金型材の動向を紹介してきた。さらに、金型材の今後の課題について製造工程別に述べてみたい。課題をまとめたものを Table3 に示す。

6.1 金型設計

製品のライフサイクルの短縮や生産ロットの縮小によ

り、金型工期短縮への要望はますます大きくなることが予想される。工期短縮には設計工程が最も重要であり、金型材料もこの工程への関与がより重要となってくる。すなわち、設計に必要な物理的性質、機械的性質の情報はいうまでもなく、例えばプラスチック金型の場合、耐食性、鏡面性、シボ加工性といった利用技術に関するデータを整備することである。さらにこれらを設計段階でどのように組み込んでいくかが今後の課題である。特に新規ニーズに対応して新規型を立上げる際により重要となろう。

また用途は限定されるがラピッドプロトタイプにより直接金型を製造する例もあり⁴⁵⁾、新技術の導入にともなって金型の製造工程の変化も予想される。

6.2 素材供給形態

金型材料の供給形態も徐々に変化している。粗加工材での納入は徐々にその深度を増しており、金型メーカーの工期短縮を狙ったニアネットシェイプ化がより一層進むと考えられる。切削加工による段加工、粗加工や鋳造化による方法など種々の方法があるが、特に大型の深彫り品などで効果大きい。

さらに素材販売形態も大きく変わりつつあり、その一つに計算重量化がある。流通での平角や丸製品の販売に当たっては自動倉庫化⁴⁶⁾、自動切断・無軽量化といった一連の作業工程で大きな工数削減が期待される。そのためにはより寸法精度や表面品質に優れる金型材の供給が必要条件である。特に寸法精度向上が図れば公差圧縮も図れ、切削加工代および加工工数の圧縮といった効果が期待される。

6.3 金型材料、熱処理

高性能鋼と使い易い材料への2極化と言われて久しいが、この傾向はますます加速されよう。大幅なコスト削減のため、過剰品質を抑制すべく徹底的な見直しがなされており、通常金型に関しては最低限の要求性能を満足して金型製造性を高めた材料に変わっていくと考えられる。いっぽう今回取り上げた精密金型のように製品精度を確保すべき金型などについては、金型加工方法および熱処理方法を含めた総合技術によって材料特性の限界を狙って要求項目を満足させることが必要となる。

高硬度鋼の熱処理省略、プリハードン化は一層拍車がかかると思われる。過去には夢であった 60HRC 前後の硬さの冷間金型材も近年の加工機や切削工具の進歩により切削加工が可能となっている。今後は量産ベースに載せるための応用、量産化技術の開発が重要となる。金型性能からは快削元素の添加はできるだけ抑えるべきであり、組織

Table 3. Trend of die and mold industries and measures of tool steel supplier.

Process	Trend of die industries	Measures			
		High quality	Cost cutting	Delivery	Other
Design	<ul style="list-style-type: none"> •Shorter design time •CAD/CAM •Concurrent design •Rapid prototyping •Standardization of die parts 			<ul style="list-style-type: none"> •Supply of utilizing data on steels •Standardization of die parts 	
Materials	<ul style="list-style-type: none"> •Cost cutting •Near net shape •New processing Chipless process •Variety materials:Al,Mg 	<ul style="list-style-type: none"> •High performance steels 	<ul style="list-style-type: none"> •Less expensive materials to prevent excess quality •Quality uniformity 	<ul style="list-style-type: none"> •Rough machined materials •Precision rolled and forged bars 	<ul style="list-style-type: none"> •Automatic warehouse •Calculated weight
Rough machining	<ul style="list-style-type: none"> •CAD/CAM •Automated machining •EDM,W-EDM •High speed machining 	<ul style="list-style-type: none"> •Free machining steels •Pre-hardened steels 			<ul style="list-style-type: none"> •Clean machining •Dry cutting •Fine mist
Heat treatment	<ul style="list-style-type: none"> •Distortion free hardening •Environmental conscious heat treatment 	<ul style="list-style-type: none"> •Air hardening steels 	<ul style="list-style-type: none"> •Pre-hardened steels 	<ul style="list-style-type: none"> •Pre-hardened steels 	<ul style="list-style-type: none"> •Clean heat treatment
Finish processing	<ul style="list-style-type: none"> •CAD/CAM •Automated machining •High speed machining •Polishing free EDM 	<ul style="list-style-type: none"> •Free machining steels •Ease to polish clean steels 	<ul style="list-style-type: none"> •Pre-hardened steels 		<ul style="list-style-type: none"> •Clean machining •Supply of utilizing data
Repair welding	<ul style="list-style-type: none"> •Time saving processing •Easy welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Easy to weld steels 			<ul style="list-style-type: none"> •Supply of utilizing data
Practical use	<ul style="list-style-type: none"> •Small lot •Precise products 	<ul style="list-style-type: none"> •High performance steels •Easy to use steels 		<ul style="list-style-type: none"> •Software on trouble shooting in use 	<ul style="list-style-type: none"> •Quick response in trouble

の最適化や加工方法との組み合わせで実現することになる。冷間金型の場合 58 ~ 62HRC, 熱間金型では 45 ~ 50HRC が対象となるが, 工程省略と歪み修正不要による工数削減のメリットは大きく, プリハードン鋼の高硬化化すなわち高硬度材の直彫りに移行すると予測される。

ただし, 全て熱処理が無くなるわけではなく, 金型特性と加工費および工期の面からどちらを選択するかとの議論となる。この場合, 従来にも増して高精度の熱処理が要望され, 例えば歪みの抑制やばつきの圧縮がより重要となる。

6.4 利用技術データの充実

技術ソフトの動向については既に紹介したが, その重要性は一層増すと考えられる。今や, 技能レスの時代との指摘もある。従来の熟練技能やノウハウが徐々に希薄になり, この継承がなされていないとの警鐘である。さらに自動車産業を始めとした海外生産の加速により金型技術の移植という新しい課題も生まれている。こうした背景にあって金型づくりに関する技術, 技能やノウハウを集大成および共有化すべく, 利用技術ソフトはより重要となる

う。今回紹介したプラエースの技術データやトラブルシューティングは未だ不十分ではあるが, こうした共有化と伝承のための一つの試みでもある。必ずしも十分とは言えないまでも, 基礎の一定レベルまではこうしたソフトによる技術データを金型技術者が共有できれば, より高いレベルへの近道とも言えよう。プラスチック金型のみならず, 冷間あるいは熱間金型に関するデータの集大成が期待される。

6.5 環境問題への対応他

その他, 環境問題への対応も必須である。熱処理省略, 油焼入れから空冷鋼の適用, 切削加工時のクリーン化^{10), 11), 47), 48)}などはその例である。さらには自動車用軽量化対応として Mg ダイカスト品の増加なども予測される。こうした材質変更に当たっての金型材の対応も今後, ますます重要となる。

7. まとめ

2000 年を迎え, 金型業界もまた大きな変革期に直面している。近年の金型業界の大きなニーズである金型製造工

期短縮（リードタイム短縮）の観点から，金型づくりのニーズとそれに対する金型材の動向をまとめた。我々特殊鋼メーカーは，単に金型材供給にとどまらず，今まで以上に設計，加工，熱処理技術者およびユーザーの皆様と連携し，金型関連技術の発信基地にまで高めていきたいと考えている。さらに，この連携により，まだまだ金型材および利用，関連技術の高度化，高深度化が可能と確信している。

（文 献）

- 1) 機械統計(通産省)より集計
- 2) 阿部忠之 和田健二: 型技術, 14(1999), No.2, 18
- 3) 河野泰久: 型技術, 9(1994), No.12, 93
- 4) 河野泰久: 型技術, 10(1995), No.4, 96
- 5) 前川佳徳: 型技術, 13(1998), No.2, 18
- 6) 望月達也: 型技術, 15(2000), No.1, 28
- 7) 檜原弘之: 型技術, 15(2000), No.1, 46
- 8) たとえば「金型高速加工の実体を探る」: '98型技術者会議講演論文集(1998)
- 9) 岩本晃二: 特殊鋼, 48(1999), No.7, 18
- 10) 横川宗彦: '98型技術者会議講演論文集(1998), 37
- 11) 奈部司郎: 第249回精密工学会講演資料
- 12) 大同特殊鋼: 技術資料「プリハードン冷間工具鋼, CX1」(1999)
- 13) 今泉英明 斎藤益生 岡田一公: '98型技術者会議講演論文集(1998), 80
- 14) 嶽岡悦雄 宮口孝司: '98型技術者会議講演論文集(1998), 82
- 15) 佐々木久次 渡辺啓一郎: 型技術, 14(1999), No.7, 70
- 16) 松田幸紀 須藤興一 常陸美朝: 電気製鋼, 60(1989), 311
- 17) Y. Matsuda, Y. Sakamoto, K. Namiki and Y. Hosoi: Proc. Of the 5th Pacific Rim International Conf. On Tool Steels for Die and Molds, Shanghai(1998), 27
- 18) 特殊鋼, 48(1999), No.7, 39
- 19) 大同特殊鋼: 技術資料「快削冷間ダイス鋼, DCX」(1999)
- 20) 大藤 孝 市川二郎 岩本晃二: 型技術, 14(1999), No.7, 120
- 21) 大木健二 小林喜一 須藤興一: 型技術, 13(1998), No.8, 56
- 22) 大木武博 山内直行 高野 紘: 型技術, 10(1995), No.7, 92
- 23) 須藤興一: 型技術, 8(1993), No.13, 18
- 24) 小嶋久司: 合成樹脂, 44(1998), No.6, 51
- 25) 大同特殊鋼: 技術資料: 「高硬度耐食プラスチック型用鋼」(1997)
- 26) 大同特殊鋼: 技術資料: 「汎用プラスチック型用鋼」
- 27) 柳澤民樹: 合成樹脂, 44(1998), No.6, 20
- 28) 河津秀俊 小川 元 和田光悦 富士川和延: '98型技術者会議講演論文集(1998), 100
- 29) 河津秀俊ら: 型技術, 7(1992), No.8, 100
- 30) 佐々木信明ら: 型技術, 14(1999), No.7, 20
- 31) 藤村和彦 大橋幸徳 小野田有希子: 電気製鋼, 68(1997), 129
- 32) Proceedings of the 2nd International Conference on Quenching & the Control of Distortion (Cleveland, Ohio, Nov., 1989)
- 33) 山下敏郎: 特殊鋼, 49(2000), No.1, 64
- 34) 安藤光浩: CAMP-ISIJ, 10(1997), 369
- 35) 相原りから: 型技術 講演論文集(1998), 164
- 36) 山田浩朗ら: 同上, 166
- 37) 岩本和之ら: 同上, 168
- 38) 藤川真一郎: 型技術, 14(1999), No.12, 76
- 39) 高須一郎: 特殊鋼, 49(2000), No.1, 66
- 40) 済木弘行: 特殊鋼, 48(1999), No.7, 35
- 41) W. Mitter, R. Panzer, K. Haberfellner and C. Ckler: Haertere Tech. Mitt. 52(1997), No.4, 253
- 42) 久保田邦親ら: 型技術, 14(1999), No.7, 50
- 43) 大橋幸徳 尾関信夫 柳澤民樹 並木邦夫: 型技術, 14(1999), No.7, 8
- 44) Sandvik, Coromant: "SSEM"(1998)
- 45) 阿部史枝ら: 型技術, 14(1999), No.12, 56
- 46) 常盤 徹: 自動化技術, 30(1998), 44
- 47) 鵜飼 久: 型技術, 14(1999), No.12, 80
- 48) 飛驒野文英: 型技術, 14(1999), No.12, 84